

Evaluación de la innovación tecnológica en el sistema de condensado en la unidad económica básica de una fábrica de azúcar

Evaluation of the technological innovation in condensed system in the basic economic unit of sugar factory

**Autores:** González-Reyes, Idalberto<sup>1</sup>; Remédios-Castañeira, Pedro D.<sup>2</sup>, Gil-Ortiz, José M.<sup>2</sup>, Mola-Fernández, Gustavo<sup>2</sup>, Morales-Zamora, Marlén<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Empresa Azucarera Majibacoa. Las Tunas. AZCUBA; <sup>2</sup>Centro Universitario de Las Tunas, Las Tunas. Cuba. <sup>3</sup>Centro de Análisis de Procesos. Universidad Central de Las Villas. Cuba.

Email: [marlenm@uclv.edu.cu](mailto:marlenm@uclv.edu.cu)

### **Resumen**

El trabajo se realiza con el objetivo de evaluar la innovación tecnológica implementada en el sistema de condensado de una fábrica de azúcar. Se analiza el impacto del cambio tecnológico desde las dimensiones técnica, económica, ambiental y social. Desde el punto de vista tecnológico, se obtienen incrementos en la eficiencia de las calderas y reducción de averías. Se obtienen resultados favorables de los indicadores económicos de factibilidad.

**Palabras claves:** agua, condensado, vapor, evaluación, modificación, impacto.

### **Abstract**

The work is carried out with the objective of evaluating the technological innovation implemented in condensed system of sugar factory. The impact of technological change is analyzed from the dimensions technique, economic, environmental and social. From the technological point, increments are obtained in the efficiency of the boilers and reduction of mishaps. Favorable results of the economic indicators of feasibility are obtained.

**Key words:** water, condensed, steam, evaluation, modification, impact.

## Introducción

Las experiencias en la gestión de las empresas y organizaciones cubanas hicieron necesaria la realización de una serie de transformaciones en el funcionamiento de la economía nacional y la sociedad, buscando un equilibrio entre la preservación de los principios de equidad social y el desarrollo económico. Estos cambios han llevado a que la gestión tecnológica y la innovación se conviertan en recursos esenciales muy vinculados al quehacer cotidiano y encuentren tiempo y espacio en nuestro entorno económico, social para promover el desarrollo sostenible. El grupo AZCUBA, tiene entre sus metas esenciales la mejora en la gestión, incluyendo la de la innovación.

El interés y la necesidad de la transformación de la estructura termo y electro energética de las fábricas de azúcar con el propósito de mejorar tanto la eficiencia industrial como energética y reducir a la mínima expresión el consumo de combustible, rebasa, sin lugar a dudas, las fronteras nacionales. Los centrales azucareros, en muchos casos, se ven limitados para suministrar a partir del bagazo la demanda de vapor en proceso. En general debido por la mala calidad y suministro inestable de materia prima, esquemas energéticos obsoletos e inadecuados cuyas bajas eficiencias repercuten en altos consumos de vapor, numerosas interrupciones operativas y problemas organizativos. (González, E, 1999)

En la empresa azucarera bajo estudio, primeramente se contaba con un esquema energético con posibilidades y variantes de esquemas de evaporación de múltiple efecto en el proceso tecnológico, sin embargo, se detectaron dificultades en la obtención de condensado que provocaron baja eficiencia en el funcionamiento de las calderas. Posteriormente, se diseñó e implementó un esquema de evacuación de condensado que permitiera lograr mayor eficiencia en la generación de vapor en caldera. Aunque se justificó la viabilidad tecnológica de la innovación, sin embargo, no se realizó la evaluación de esta decisión desde otras dimensiones esenciales como son la ambiental y social, lo cual pudiera convertirse en una barrera para su desarrollo. Es por ello que el objetivo del trabajo es: evaluar la innovación tecnológica del sistema de condensado en la unidad empresarial de base fábrica de azúcar, a partir de un procedimiento que incluye las dimensiones tecnológica, ambiental y social.

## Desarrollo

### Materiales y métodos

El procedimiento parte de las siguientes tareas generales:

- Establecer los fundamentos etimológicos y gnoseológicos de la gestión de la innovación, de modo que se caracteriza y comprenda el proceso que se evaluará.
- Evaluar tecnológicamente la innovación realizada y los impactos aportados en este campo.
- Evaluar la innovación tecnológica desde las dimensiones económico-financiera y ambiental-social.

La novedad del trabajo se encuentra en la integración de las dimensiones en el proceso de evaluación, contribuyendo a la integralidad en el proceso de toma de decisiones. El aporte metodológico se realiza por la adaptación de las diferentes metodologías al sector azucarero. Desde el punto de vista práctico se contribuye al realizar la evaluación de la innovación implementada en la fábrica de azúcar.

1.1. Aspectos tecnológicos de la fábrica estudiada. En la fábrica de azúcar se decide modificar el sistema de condensado, por lo inoperable que resultaba para los analistas químicos y el personal de mantenimiento, así como, no cumplir con el objetivo para el cual fue diseñado: satisfacer los equipos generadores de vapor.

Según el esquema de evaporación, instalado anteriormente en la fábrica (Anexo 1), Pre-cuádruple, para satisfacer el agua de alimentación a las calderas, era necesario utilizar un 10 % de agua tratada de la Planta suavizadora.

Con la modificación del esquema energético actual Pre-Doble-Cuádruple, se logró alimentar el total del consumo de los generadores de vapor (180 m<sup>3</sup>/h + 15 %) de atemperamiento (Anexo 2).

Luego de contar con un flujo de agua pura suficiente para el propósito deseado, se necesitaba mejorar los parámetros del líquido, como lo requiere el generador de vapor fundamentalmente en los siguientes parámetros:

- Agua suficientemente caliente (120°C)
- Agua libre de gases incondensables (Dióxido de oxígeno y Oxígeno (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>))

El Sistema de Condensado general consta de los siguientes equipos:

- Dos pailones (tanque de 51.051 m<sup>3</sup>).
- Cuatro bombas BSC-100 (Centrífugas).
- 5 Bombas BSC-80 (Centrífugas).

- Sistema de tuberías de acero.
- Sistema de válvulas.
- Laboratorio químico ubicado en el segundo nivel.
- Tanque intermedio: ubicado entre el tanque de 25 psig y el Desareador.

La instalación mantiene la recolección del agua de los equipos evaporadores cuando estos están libres de contaminación del jugo producto de la extracción de la caña, y agruparlos en un recipiente (Tanque Intermedio o Receptor de Condensado), dando lugar a una mezcla de aguas provenientes de equipos con diferentes presiones y temperaturas, marcando pérdidas notables de temperaturas, muy bajas para alcanzar la estabilidad de producción de vapor prevista en el generador.

El sistema instalado también tenía un tanque receptor llamado tanque intermedio, que funcionaba como inyector al Desareador, cuando automáticamente lo necesitaba. Era evidente que este equipo provocaba mal funcionamiento del Desareador, obligado a procesar un líquido de baja temperatura (65 a 80 °C) y elevar esta hasta 115 °C. Esto traía consigo un gasto innecesario de vapor saturado, influyendo así el corto tiempo de retención del líquido para liberar gases incondensables tales como el CO<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub> perjudiciales en la flusería de las calderas, influyendo en el factor económico del generador al detectarlo para su reparación posterior.

Al no poder convertir el agua en vapor vivo (400°C) en la unidad de tiempo prevista, la caldera ocupa un mayor tiempo de reacción seguido a un gasto de combustible (bagazo) para poder cumplimentar el proceso. Esto afectando las reservas de bagazo, la cual es utilizada para caso imprevisto tales como paradas no programadas, liquidación de casa de calderas y el empaque de este para otros fines de reserva o comerciales.

La fábrica en su balance de energía requiere un flujo de vapor para estabilizar el proceso de 130 t/h el cual se veía afectado por los fenómenos descritos, afectando los consumidores de la red fabril.

Lo más notable de la innovación, para la producción diaria, es lograr inyectar agua libre de impureza, tantas físicas como químicas y lograr temperaturas óptimas, cercanas a los parámetros de trabajo dados por el fabricante, ya demostrado y avalado por los órganos de base y superiores.

#### 1.2 Balance energético. Generación de vapor.

Para que la industria funcione correctamente deben utilizarse tres calderas con una producción total de

135 t/h, o sea que cada caldera debe producir 45 t/h, esto no se ha podido llevar a la práctica por lo antes expuesto, por lo que se utilizan cuatro calderas para mantener una estabilidad en el proceso industrial.

El vapor producido en los generadores se envía a la planta eléctrica y a casa de calderas por tuberías aisladas, en estas tuberías hay instaladas dos reductoras, una de 12 t y otra de 45 t. La de 45 es utilizada directamente en planta eléctrica y la de 12 se abre directo a la casa de calderas, siempre que haya estabilidad en el flujo de vapor.

El vapor generado llega a los turbos generadores de corriente eléctrica, transformando la energía calorífica en mecánica de rotación, por lo cual se produce el vapor de escape.

El balance energético se desarrolló con apoyo y considerando las recomendaciones de la literatura científica especializada (Espinosa, 1984; Portillo, 1973) y documentos indicativos del organismo rector de la actividad azucarera (Llerena, 1979; Rodríguez, 1978)

#### Análisis de los resultados

Identificación de impactos mediante lista de control. Cada una de las operaciones se evaluará en función de los elementos que pueden verse afectados, considerando dentro de ellas la mayor cantidad de aspectos relacionados a estos, de tal forma que la descripción y la asignación de los pesos específicos sea una tarea fácil de realizar y de analizar por terceros.

El análisis de la matriz de elemento/operación/impacto, se realiza a partir de las siguientes herramientas

1. Análisis de Totales y Coeficientes.
2. Barras de Impacto.
3. Esquema radial de Impactos.

#### Análisis de Totales y Coeficientes

La primera de las herramientas se corresponde con el análisis cuantitativo. Para ello los valores se representan en la matriz que se puede visualizar en el Anexo 3 la matriz Leopold Elemento-Operación. En esta matriz se evalúan 3 factores, desglosados en 7 grupos, y los grupos se descomponen en 15 elementos en total.

De la matriz, se obtuvo, que considerando los 15 elementos y las 8 operaciones resultantes, se producen 104 interacciones en términos reales de 120 interacciones potenciales, esto es en caso de

que todas las operaciones impactaran en la totalidad de los elementos, de cada grupo y factor.

El factor Biótico es el que obtiene la mayor cantidad de impactos, 34 en total. Siendo significativo que los elementos Bienestar social, del grupo Factores Socioeconómicos y características Físico-Químicas, del grupo Suelo, reciben los mayores impactos en términos de cantidad, con la introducción de la nueva tecnología.

**Barras de Impacto.**

Esta herramienta compara los impactos por elemento sobre la base de los totales, y el peso por el beneficio obtenido en cada caso. (Anexo 4)

Se observa que los beneficios sociales (Laborales), y los que obtienen la flora y la fauna terrestre, así como las aguas superficiales, son los aspectos ambientales que reciben mayor número de impactos por operación.

Otro aspecto significativo es que, por el valor absoluto, la mayor cantidad de factores con altos niveles de beneficios, se localizan en estos mismos grupos, lo que caracteriza la innovación objeto de estudio como de alto impacto en lo social y sobre el recurso agua.

**Análisis del esquema radial.**

Este gráfico muestra 3 componentes fundamentales, en su estructura, para el análisis. (Anexo 5)

1.La frontera máxima posible de impacto en operaciones.

2.La frontera potencial de elementos a obtener con impacto muy favorable.

La frontera real con impactos obtenidos.

De este modo la brecha entre 1 y 2, representa la cantidad de operaciones que no tienen impacto en los elementos considerados en el análisis. La brecha entre 2 y 3, hace referencia al potencial de mejoras en los impactos identificados por operación.

Los elementos Apariencia Visual, Bienestar Social, Empleo e Ingreso, Aguas Superficiales, en primer término, conforman un primer grupo de múltiples impactos en operaciones. Un segundo grupo lo conforman los elementos: Fauna y Flora Terrestre, Escurrimiento Superficial, Características Físico-Químicas y Erosión integran el segundo grupo de elementos con mayor cantidad de operaciones con impacto. El tercer grupo lo integran los elementos: Relieve, Visibilidad, Calidad del aire y otros menos significativos por el número.

Un segundo punto de vista para análisis, refleja la fuerza de los impactos de operaciones en cada

elemento. Es posible identificar 2 grupos de elementos, según la fuerza de los impactos muy favorables. En el grupo que integran los elementos con mayor proporción de impactos muy favorables se encuentran: Bienestar Social, Empleo e Ingreso, características Físico-Químicas, Visibilidad y Aguas Superficiales.

**Conclusiones**

A partir de los métodos de evaluación de impactos ambientales, fundamentados en Listas de Control y Matrices de Evaluación Cuantitativa, aplicados a la Innovación se obtiene que:

Desde el punto de vista tecnológico: se incrementa la eficiencia en el funcionamiento de la caldera al elevarse la temperatura, en el agua de alimentar a 127°C logrando mayor volumen de vapor en una misma unidad de tiempo. Se reducen significativamente, en la flusería las averías, por concepto eliminación de gases incondensables. Se incrementa la eficiencia en la transferencia de calor al evitarse las incrustaciones en la superficie calórica del generador de vapor. Se garantiza el trasiego del condensado sobrante para suplir cuellos de botella en el proceso fabril.

Desde el punto de vista ambiental, se observa que los beneficios sociales (Laborales), la flora y la fauna terrestre, así como las aguas superficiales, son los aspectos ambientales que reciben mayor número de impactos por operación, lo que caracteriza la innovación objeto de estudio como de alto impacto en lo social y sobre el recurso agua.

**Bibliografía**

- 1.Espinosa, R. P. y Col, (1984). Sistemas de utilización del calor. Editorial Pueblo y Educación.
- 2.González Matos, E. (1999) Análisis de Alternativas de Esquemas de Evaporación en el CAI "Majibacoa". Tesis de Maestría en análisis de Procesos, UCLV.
- 3.González, E, Castro, E. (2012) "Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de biorefinería". Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo. Jaén, España. ISBN: 978-84-8439-609-3.2012.
- 4.Llerena, G. M (1979) Metodología para el balance termoenergético. Dirección de Tecnología, MINAZ, Ciudad de la Habana, Octubre.
- 5.Portillo, J y col (1973) Producción combinada de

calor y energía eléctrica en los centrales Azucareros.

Revista Cuba Azúcar, 1, 35 – 48.

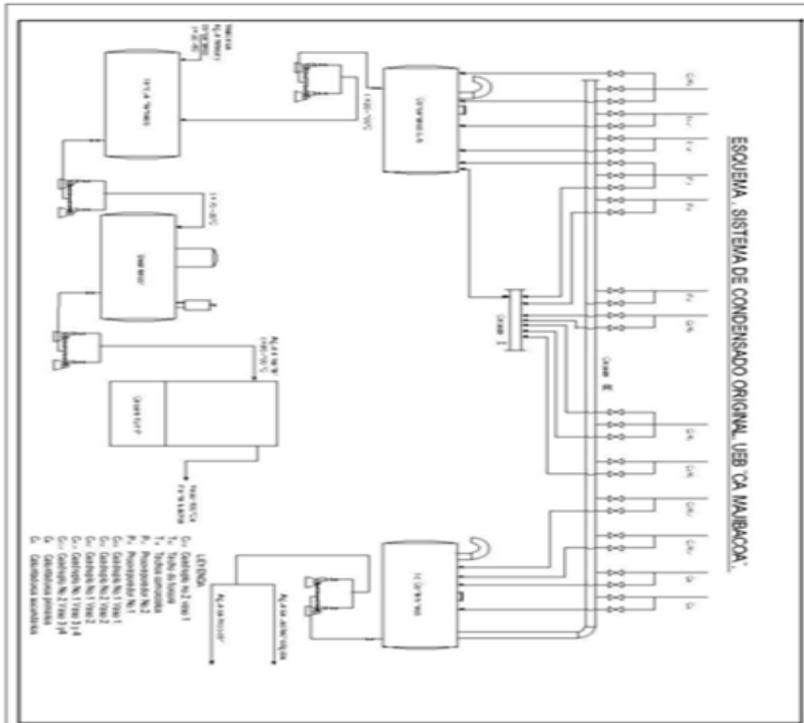
6. Rodríguez, M. G. (1978) Algunos elementos para mejorar la eficiencia energética en los ingenios.

Dirección de Tecnología, MINAZ, Octubre.

Anexos

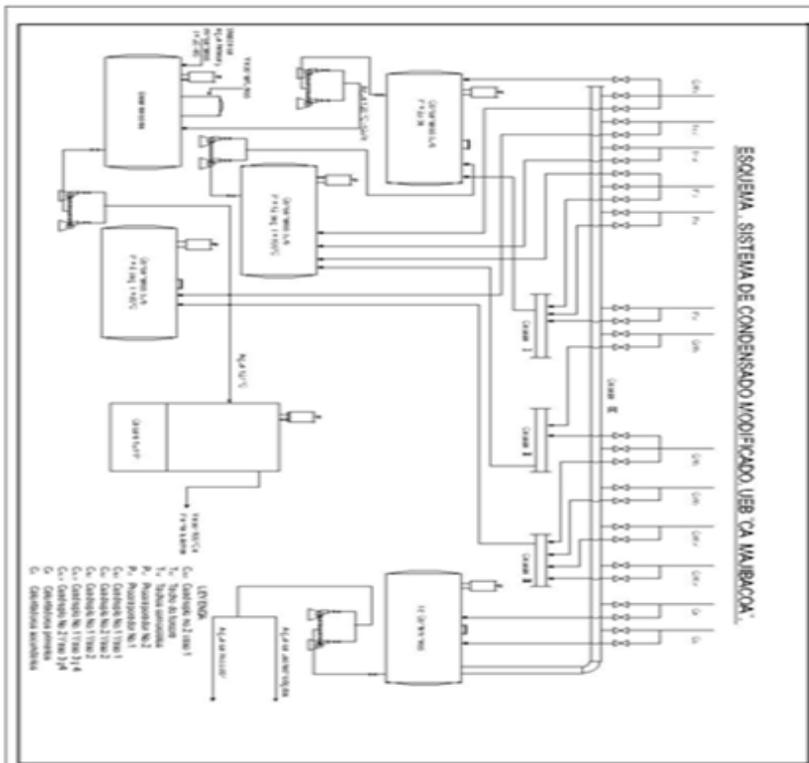
*Evaluación del Sistema de Condensado en la Empresa Azucarera "Majibacoa"*

**ANEXO 1**



*Evaluación del Sistema de Condensado en la Empresa Azucarera "Majibacoa"*

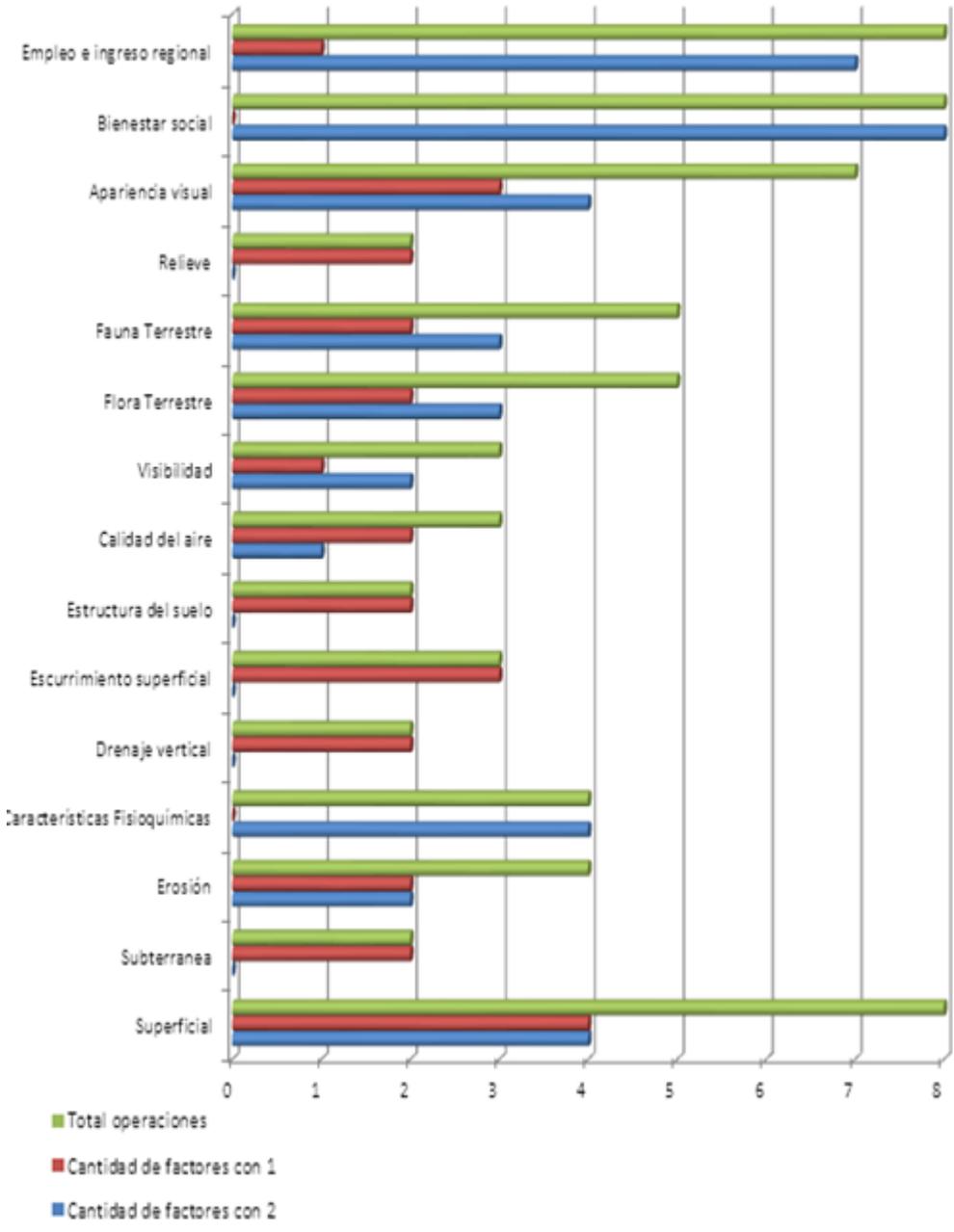
**ANEXO 2**



Anexo 3. Matriz Leopold Elemento-Operación.

			Totales	Potencial	Cantidad de factores con 2	Cantidad de factores con 1	Total operaciones	Índice de Impactos Tipo 2	Índice de Impactos Tipo 1
Factores Abióticos	Agua	Superficial	12	16	4	4	8	50,0%	50,0%
		Subterránea	2	4	0	2	2	0,0%	100,0%
	Suelo	Erosión	6	8	2	2	4	50,0%	50,0%
		Características Fisiológicas	8	8	4	0	4	100,0%	0,0%
		Drenaje vertical	2	4	0	2	2	0,0%	100,0%
		Escurrimiento superficial	3	6	0	3	3	0,0%	100,0%
		Estructura del suelo	2	4	0	2	2	0,0%	100,0%
Atmosfera	Calidad del aire	4	6	1	2	3	33,3%	66,7%	
	Visibilidad	5	6	2	1	3	66,7%	33,3%	
Factores Bióticos	Flora	Flora Terrestre	8	10	3	2	5	60,0%	40,0%
	Fauna	Fauna Terrestre	8	10	3	2	5	60,0%	40,0%
	Paisaje	Relieve	2	4	0	2	2	0,0%	100,0%
		Apariencia visual	11	16	4	3	7	57,1%	42,9%
Factores Socioeconómicos	Social	Bienestar social	16	16	8	0	8	100,0%	0,0%
		Empleo e ingreso regional	15	16	7	1	8	87,5%	12,5%
TOTALES	Total		104		38	28	8	475,0%	350,0%
	Cantidad de operaciones con 2		4		2	8	8	25,0%	100,0%
	Cantidad de operaciones con 1		0		1	2	8	12,5%	25,0%

Anexo 4. Barras de Comparación Impacto-Operación.



Anexo 5. Radial de Elemento-Impacto.

